ADCPを利用した流況・流量観測事例 ～内川と黒部川～

EXAMPLE OF FLOW REGIME AND DISCHARGE OBSERVATION USING THE ADCP IN THE UCHIKAWA AND THE KUROBEGAWA

手計太一[1]
Taichi TEBAKARI

[1]正会員　博(工)　富山県立大学講師　工学部環境工学科（〒939-0398 富山県射水市黒河5180）

This paper reports the example of the flow regime and discharges observation in the Uchikawa and the Kurobe River using the ADCP (Acoustic Doppler Current Profiler).

The Uchikawa had been rich and varied river until 42 years ago. Water environment in the Uchikawa has been deteriorated caused by new port construction and well-drained paddy field development. Sanitization program for the Uchikawa has been carried out by national and local government. However, water environment in the Uchikawa did not reach to drastic improvement. In this study, flow regime in the Uchikawa was observed using the ADCP. As a result, the Uchikawa was effected by seawater regularly.

In order to estimated exchange between river discharge and groundwater, simultaneous measurement of river discharge was carried out using the ADCP in the Kurobe River. In this paper, observation method was reported in detail.

Key Words : *ADCP, flow regime observation, discharge observation, Uchikawa, Kurobegawa*

1．はじめに

欧米ではほぼ一般的になってきているADCP(超音波ドップラー多層流向流速計)は，我が国おいては，近年になってようやく，研究現場のみならず，実務の現場においても広く普及しつつある．

筆者は幸運にも縁があって超音波ドップラー多層流向流速計(ADCP; Teledyne RD Instruments社製)を購入することができた．これまでもADCPを利用した観測現場には居合わせていたが，いざ自分自身で全ての観測をしなければならなくなったとき，様々な問題に直面した．測定原理を理解していたとしても，実際に"使う"ためには現場に応じた必要な人員や備品などを考えなければならない．

本稿では，ADCPを利用してどのような河川でどのような流況・流量観測を実施し，どのような問題が発生し，どのように解決したのかを詳述する．

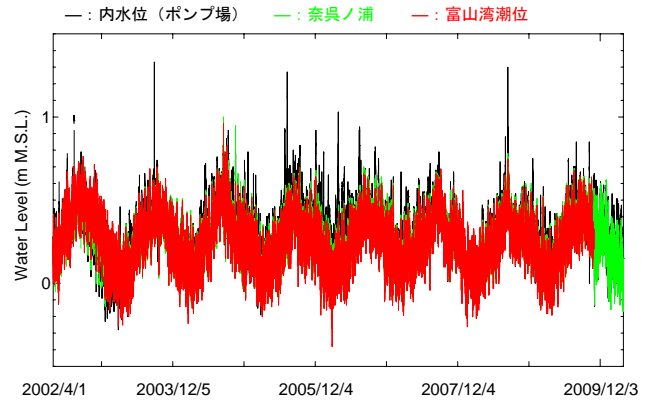
2．感潮域における流況観測

庄川右岸の河口部に位置する内川は，昭和42年よりの乾田事業や昭和43年の富山新港建設にともない内川本川や支川の流れがほとんどなくなり，生活排水や工場排水によって河川水質は極端に悪化した．このような問題を解決するために，昭和55年より内川浄化対策事業が実施されてきた[1),2),3)]．ある程度の水質改善は認められたものの，抜本的な水環境の改善には至っていないのが実情である．

そこで著者らのグループは，ほとんど観測事例のない内川を対象に，水質・底質，生物，水理の3項目について集中的に観測を実施した．本稿では，ADCPを用いて実施した流況・流量観測について報告する．

(1) 観測対象河川：内川

内川は旧新湊市街(現在，射水市)の中心部を東西に流れる2級河川である(**図－1**)．流路延長は2.2km，揚水機場から奈呉ノ浦までの西内川は0.7km，富山新港から奈

図−1　内川の概要

図−2　奈呉ノ浦水位観測所における内川の水位と富山湾の潮位の時系列

呉ノ浦までの東内川は1.5kmである．かつては，放生津潟を源流に奈呉ノ浦や庄川まで流れ，豊富な水量や良好な水質を保ち，非常に良い漁場であった[4]．しかし，昭和43年の富山新港の建設に伴い，源流であった放生津潟は直接日本海と繋がることになった．**図−2**は**図−1**中の奈呉ノ浦水位観測所における内川の水位と富山湾の潮位の時系列である．この図からわかるように，通年で富山湾の潮位の方と内川の水位よりはほとんど同じである．そのため，内川には流れがほとんどなくなり，水環境は悪化していった．その後の浄化対策事業によって，西内川には庄川からの浄化揚水(最大2m³/s)によって日中(9時～17時)だけは流れが戻ってきているが，東内川には流れがほとんどないのが実情である．

(2) 観測方法

内川においては，河川縦断方向の移動流況観測，定点観測，流量観測を実施した．それぞれの詳細を下記に示す．なお，いずれの観測においても，ADCPの計測設定は**表−1**の通りである．

a) 河川縦断方向の移動流況観測

本研究以前に内川の流況を詳細に研究した例は全くないため，河川全体の流況を知るために，河川縦断方向に移動観測することを考えた．内川は，両岸を綺麗に整備したために，自然の障害物は少ないものの，橋梁や電灯など人工的な障害物が多い．また，前述したように，内川は奈呉ノ浦を境に西内川と東内川に分かれており，西内川と東内川を連続で観測することが難しい．

そのため，まず両岸からロープでADCPを曳航する方法を採用した(**写真−1**)．曳航者3名(右岸2名，左岸1名)，無線を利用したデータ取得のため，河川沿いに車を並走させPCでデータチェックをする者1名の合計4名で実施した．観測する前に，障害物箇所におけるロープの受け渡しの方法などを入念に練習した．また，曳航するといっても，強制的に引っ張るのではなく，自然の流れに任せて曳航するのがコツである．内川は不法係船が非常に多く，不法係船をクリアしていくことが本方法の最大のネックであった(**写真−2**)．

表−1　ADCPの計測設定

Workhorse ADCP 1200kHz			
計測モード	WM11	ボトムトラック機能	ON
計測層厚	0.05m	ボトムピング数	3
計測層数	50	固定観測における流速誤差の標準偏差	0.77cm/s
アンサンブルタイム	1.54s	計測コーディネーション	アースコーディネイト
ウォーターピング数	3		

本方法を何度か試みたが，結果的に，本対象河川では良い方法ではなかった．その理由の一つとして，障害物箇所におけるロープの受け渡しで，所々，ADCPを強制的に引っ張ってしまうことがあり，データを取得できないところがあった．さらに，ロープが係船に引っかかるなど，安定的な観測はできなかった．曳航者を障害物の箇所だけ増やせばもっと安定的な観測は可能であったろうが，スタッフや学生数に限りがある以上，他の方法を検討しなければならなかった．また，東内川は川幅が最大25mあり，中型の漁船が係船していることもあり(**写真−3**)，内川全体にわたる縦断観測はできなかった．

次に，少人数でも内川全体の縦断観測を可能にしたのはゴムボートによる曳航である．しかし，学生がゴムボートの操縦をしたことがなく，安全上からも学内の池で練習する必要があった(**写真−4**)．ボート曳航の場合，ボートの速度を一定に保つことが重要であった．順流の場合は流れに沿って河川中央を航行するようにコントロールするだけで良いが，逆流の場合は一人で約50分継続して漕ぐ必要があり，体育会系学生でもヘトヘトになる運動である(**写真−5**)．この場合の観測においても，ADCPのデータは無線で送っているため，ボートと並走した車に登載したパソコンでデータを受信し，確認しながら観測ができる．しかし，場所によって車が並走できない場合があり，データ受信できないことがあった．その

写真-1　河川縦断移動観測風景(西内川)

写真-2　河川縦断移動観測中の障害物(西内川)

写真-3　漁船と不法係船(東内川)

写真-4　学内の池での漕艇練習風景

写真-5　ボート曳航式移動流況観測(東内川)

写真-6　ボート曳航式移動流況観測(奈呉ノ浦付近)

ため，**写真－6**のように好天時にはボートにデータ受信用のパソコンも搭載して観測を実施した．ゴムボートの取扱説明書には4名乗船できると記載されているが，大人が船上でも作業するとなると3名が限界であった．い

写真-7　障害物を潜りながらのボート曳航式移動流況観測

写真-8　西内川・藤見橋における定点観測風景

写真-9　東内川・内川緑地における定点観測風景

写真-10　東内川・神楽橋における定点観測風景

ずれのボート観測においても，1名の学生が徒歩もしくは自転車でボートと並走し，ボート転覆などのトラブルに備えた．西内川では，**写真－7**のように河川を横断する導水パイプが観測の障害になる場合もあった．

ボート観測における問題点は，内川では漁船，不法係船と定期観光船が行き来しているため，事前に航行時間を調整しなければならない．出漁や観光船の時間は事前にある程度把握できるものの，不法係船の出入りは全くわからない．船舶と出合った場合には観測を中断し，流況が定常状態になることを確認してから再度観測を始める必要がある．感潮域では船舶の行き来が多いため，潮位の状態から観測日時を設定しても，実際に観測できるか否かわからないことがあった．しかし，観測を定期的に続けていると，漁師さんたちや地元の住民と話をすることが増え，数ヶ月もすれば，漁船やプレジャーボートの方が避けてくれることが多くなった．実際に利用している地元住民や漁師さんとの信頼関係は非常に重要であると痛感した．

b）定点における流況観測

前項で紹介した移動観測では河川流況の全体を把握することはできものの，時間的変化はわからない．そこで，西内川と東内川のそれぞれにおいて河川中央にADCPを設置し，24時間の定点観測を実施した．**写真－8**は西内川・藤見橋における定点観測風景，**写真－9**は東内川・内川緑地における定点観測風景である．長時間の観測には電源は欠かせないものである．河川沿いに公用の電源を探すのは一苦労する．西内川には市や県の所有する電源はなく，バッテリーを準備する必要があった．最近はレジャー用に利便性の高いバッテリーが販売されているが，著者らのグループはiFONIX社製のPower Combo PG-421を利用している．少し余計な機能もあるものの，長時間の利用ができることやAC電源が使えるなど，痒いところに手の届くバッテリーである．一方，東内川においては，偶然にも近くに公共トイレがあり，そこから電源を使わせてもらえるように射水市から許可を得た．それでも200mほど配線をしなければならない．50mの延長コードを利用しても4つ利用する必要があった．延長コードと延長コードの接続部が離れないように，そして濡れないように細心の注意が必要である．これだけ細心の注意を払っても，一度だけ電源が落ちたことがあった．公共トイレの電源の点検があり，業者が市に確認せずに切ってしまったのである．もちろん，常にデータを確認していたし，トラブルに対応できるような体制を整えていたため，欠測は5分程度で済んだ．

どんな観測でもそうであろうが，観測中にトラブルが起きることを想定した対策を立てることが重要である．観測計画を完璧に立案することは可能であるが，非常時にどれだけ対応できるかが，観測を成功させる秘訣であろう．観測中に自然現象を常に観察していることは当たり前だが，観測機材のトラブル対応のためには観測参加

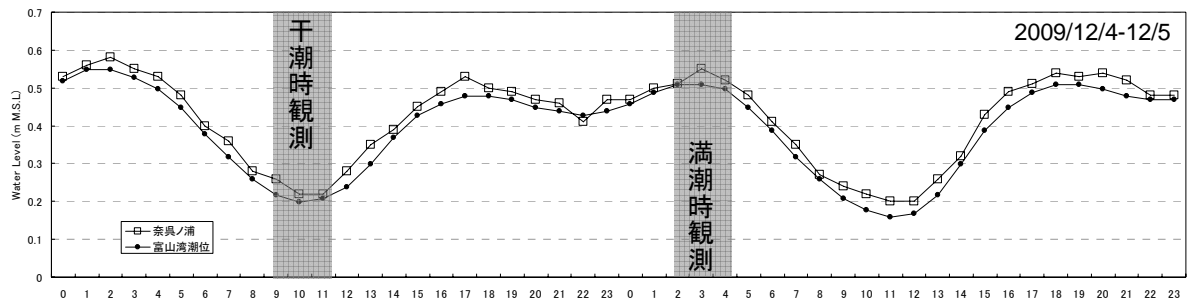



図-3　2009年12月4日から5日の奈呉ノ浦の水位と富山湾の潮位の時系列

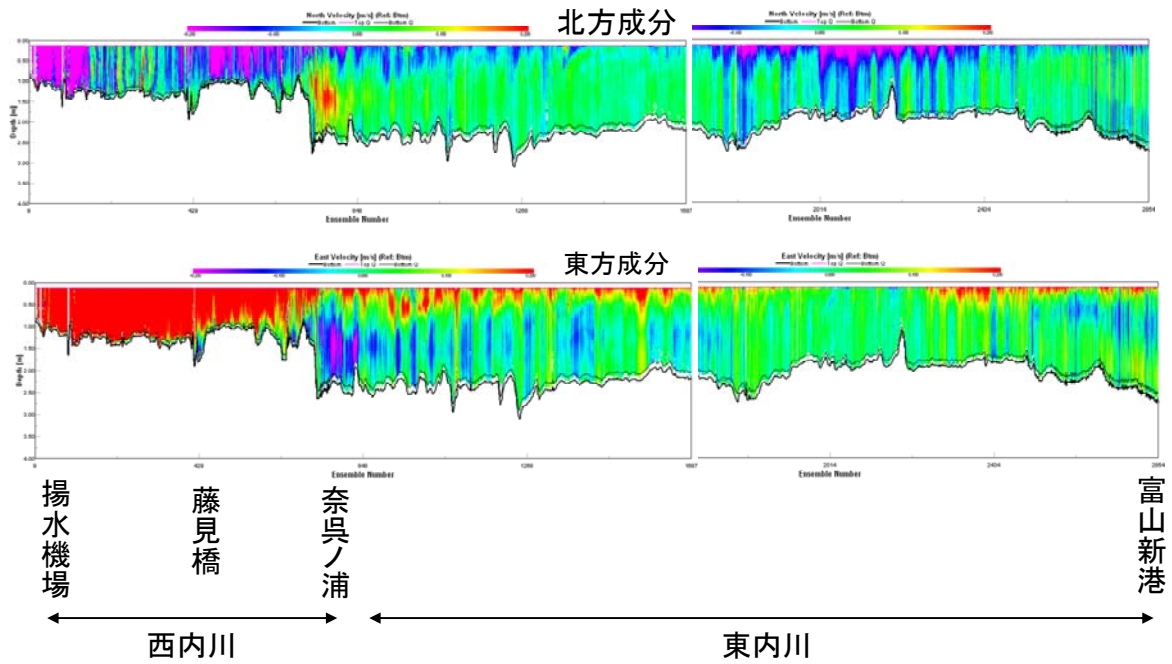



図-4　干潮時における揚水機場から富山新港までの河川流況観測の結果

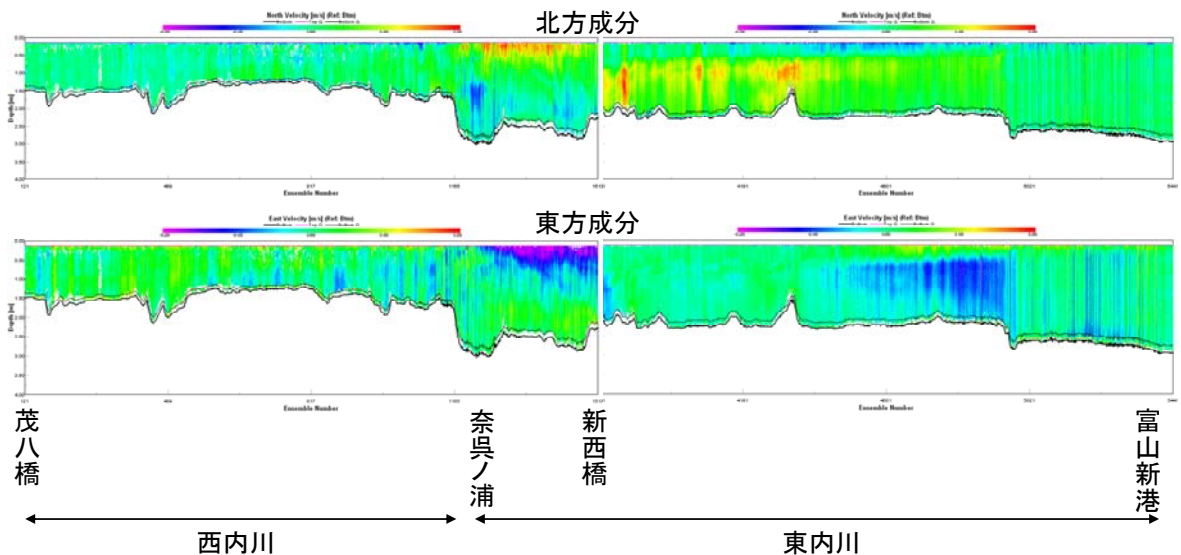



図-5　満潮時における茂八橋から富山新港までの河川流況観測の結果

者全員が機材をマスターし，電源一つ一つの配線にまで各人がチェックしておくことで参加者全員が有機的に行動しトラブルを解決に導くであろう．

c）流量観測

感潮域での流量観測は非常に難しいことは良く知られている．しかし，ADCPは断面を多層に流向・流速を計測することができるため，試験的に東内川・神楽橋において流量観測を実施した．その様子を**写真－10**に示す．写

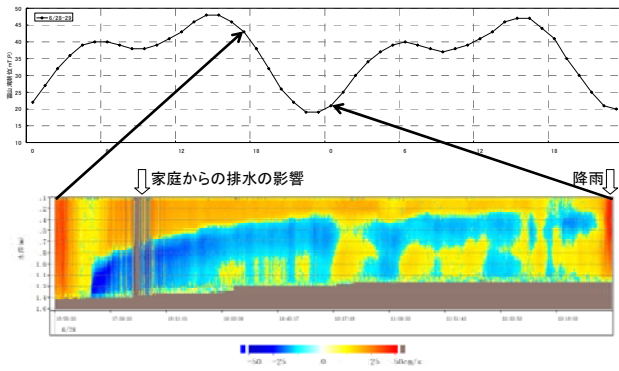



図-6　西内川・藤見橋における流況観測結果の一例

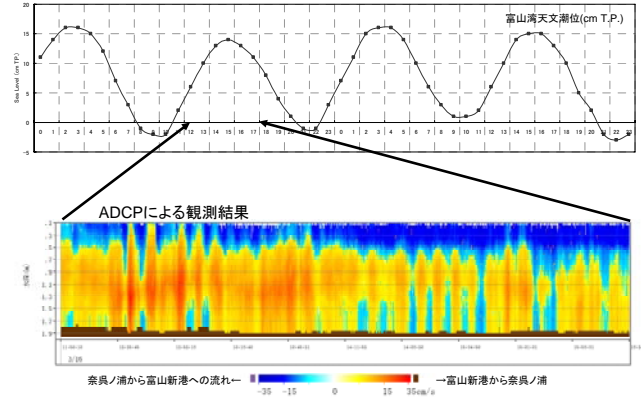



図-7　東内川・内川緑地沿いにおける流況観測結果の一例

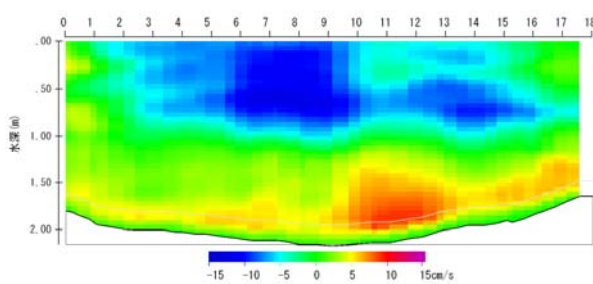



図-8　神楽橋における流量観測断面図の一例

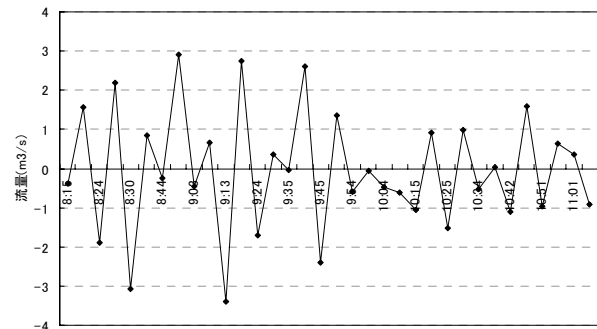



図-9　神楽橋における流量の時系列

真のように，両岸からロープでADCPを引くだけである．川幅20mを約3～5分程度で観測する．2往復実施することで，4回の流量値が観測できる．両岸に1名ずつ，モニタリング1名の合計3名で観測を実施した．単純に”引く”だけでは精緻なデータを取得することはできない．両者がきちんと引っ張り合いながら河道とは直角になるようにすることがコツであり，曳航速度は速過ぎず遅すぎないことが重要である．もちろん，測線によっては，ワイヤ等で導線を設置し，それに沿ってADCPを曳航させれば良いが，実際の現場はそのように恵まれた環境ばかりではないのが実情である．なお，**写真－10**のように，車に無線設備を登載し，PCでモニタリングしながら観測を実施した．

(3) 観測結果

a) 河川縦断方向の移動流況観測の結果

本稿では2009年12月4日から5日にかけて実施した移動流況観測の結果を示す．観測を実施した時間帯の富山湾と奈呉ノ浦の水位を**図－3**に示す．

図－4は干潮時における揚水機場から富山新港までの河川流況観測の結果を示している．上段は北方成分の流速分布，下段は東方成分の流速分布であり，色の凡例における赤系色は正の流速，青系色は負の流速を表している．朝9時から夕方5時まで，庄川から取水した水を揚水機場から流下させている．そのため，西内川は揚水機場から奈呉ノ浦まで東方成分の流速に支配されている．最大で約0.8m/sの流速がある．また，奈呉ノ浦から約260m上流に位置する藤見橋付近までの下層で逆流が観測された．これは奈呉ノ浦からの塩水の遡上が推察される．このような逆流は他の観測日においても確認している．奈呉ノ浦では，中層部で北方成分の流速が観測された．西内川と東内川から日本海へ流出している流況と考えられる．

東内川に着目すると，全体的な傾向として奈呉ノ浦から富山新港へ流れている．特に表層部(約50cm)は，最大で0.2m/s程度の流速で奈呉ノ浦から富山新港方向に流れている．また，表層より下層では，流速0.1m/s以下の極めて遅い順流と逆流が混在した流れが観測された．この要因は上流端と下流端のいずれもが潮位の影響を強く受けているからと考えられる．

図－5は満潮時における茂八橋から富山新港までの河川流況観測の結果を示している．図の詳細は**図－4**と同様である．満潮時は茂八橋に障害物があるため，揚水機場～茂八橋間の流況観測は実施していない．西内川の茂八橋～奈呉ノ浦までの間，流速0.1m/s以下の極めて遅い順流・逆流が混在した流れが支配している．奈呉ノ浦の表層部では流速が0.15m/s程度で日本海に流出する流況が観測されているが，下層部は流速0.1m/s以下の非常に遅い逆流が観測された．東内川全体にわたって，流速が0.1m/s以下の非常に遅い順流と逆流に支配されており，流れはほとんどない．満潮時にあたり，上下流端が潮位の影響を受けているため，このような流況になるものと考えられる．

b) 定点における流況観測の結果

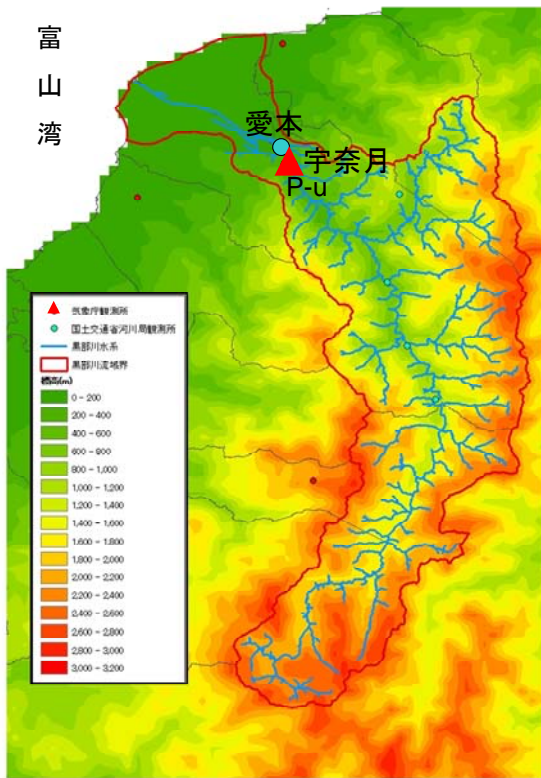



図-10　黒部川水系と流域界

西内川・藤見橋における流況観測結果の一例(2010年6月28日)を図ー6に示す．図中上は富山湾の天文潮位の時系列であり，流況観測を実施した時間帯を示している．下図は流下方向を正にとった流速分布の時系列である．黄色から赤色系は正，青色系は負を示し，灰色は河床である．先述したように，17時までは浄化揚水機場からポンプ排水されており，0.8m/s程度の流速が観測された．ポンプ排水が停止すると，奈呉ノ浦から塩水が遡上してくる．17時30分頃から楔状に塩水が遡上してくるのが観測された．これまでの定期的な観測から，上げ潮と下げ潮，富山湾潮位の状況に応じて，塩水の浸入形態が異なることがわかってきている．

東内川・内川緑地沿いにおける流況観測結果の一例(2009年3月16日～17日)を図ー7に示す．図中上は富山湾の天文潮位の時系列であり，流況観測を実施した時間帯を示している．下図は流下方向を正にとった流速分布の時系列である．黄色から赤色系は正，青色系は負を示し，茶色は河床である．河川台帳上，富山新港が上流端であるので，富山新港から奈呉ノ浦への流れを順流(正)と表示している．大きく分類すると，表層は逆流，下層は順流れとなっている．また，先述したように上流端・下流端ともに富山湾と接続していることで，順流と逆流が周期的に発生している．

c）流量観測の結果

図ー8に2010年1月22日に実施した流量観測の結果の一例を示す．同日午前8時13分11秒から8時15分26秒までの2分13秒間に観測した観測断面図である．図ー7と同様に

図-11　黒部川における流量観測地点

上層と下層で流れが逆であることがわかる．流量を算出すると-0.375m^3/sであった．同日に実施した流量観測の結果を図ー9に示す．これまでに示したのと同様に，流量の値としても正負が混在する時間変化を示している．

３．黒部川における同時流量観測

地下水の失水量や得水量を評価する手法の一つとして，同時流量観測が挙げられる．その名称の通り，複数断面において同時に流量観測し差分を取ることで，失水量や得水量が算出できる．既往事例の多くの場合，本当に同時ではなく，低水時もしくは平水時に河川が定常であるという仮定の下，一日ないしは二日間程度かけて複数断面における流量観測を実施している．

著者らは黒部川の失水量・得水量を算出するために，本当の同時流量観測，要するに全く同時に複数断面の流量観測を実施している．それを可能にしたのはADCPであった．しかし，実際に観測に着手すると様々な課題が見つかった．本稿では，まだ試験段階であるもののADCPを利用した同時流量観測の方法と結果について概説する．

(1) 黒部川

図ー10は本研究対象である黒部川水系と流域界である．本稿では黒部川扇状地も黒部川流域内として流域界を描いている．黒部川は北アルプスのほぼ中央に位置する鷲羽岳を源とし，3000m級の山々が連なる立山連峰と後立山連峰を流域にもつため，平均河床勾配が1/5～1/119という我が国屈指の急流河川の一つである．深い峡谷を流下し，黒部ダム，仙人ダム，小屋平ダムを経て宇奈月町に達する．宇奈月から下流の川幅は広くなり，大きく蛇行しながら愛本にいたる．愛本には1932年に建設された合口頭首工があり，両岸に広がる扇状地に向けて灌漑用水が取水されている．右岸に7用水，左岸に6用水を合口し，最大取水量は75.4m^3/sである[5]．

黒部川は宇奈月町愛本で山間地から平野部に抜け，そ

写真−11　各断面における流量観測風景（写真上段：断面①，中断：断面②，下段：断面③）

こから黒部市，入善町にかけて黒部川扇状地と呼ばれる美しい扇状地を形成している．この大扇状地を抜けると富山湾にいたる．黒部川の幹川流路延長は85km，そのうち83.5％を占める71kmは山地を流れ，残り14kmは平地を流下している．流域面積は682km^2，そのうち97.1％は山地である．

黒部川流域は全国有数の多雨多雪地域であり，流域の年平均降水量が非常に多く，平野部にある黒部市では約2300mm，中流部にあたる宇奈月では約3500mm，上流部にある仙人谷観測所では約4000mmの降水量がある．

黒部川扇状地は山間部から抜け出た河川が河床の傾斜が緩やかになることによって，流れも緩やかになり，土砂が堆積して形成された地形である．黒部川の扇状地は上流の花崗岩地帯から流出してきた透水性の良い土砂を含むため，黒部川の水が伏流水となって地下水を涵養している．したがって，この扇状地では黒部川の伏流水を水源とした湧水がいたるところで湧き出ている．

写真−12　ADCPを搭載したリバーボート

写真−13　ADCPを搭載した高速セーフティサーベイヤー

写真−14　釣竿を利用した測線の作成

黒部平野の地形は，扇状地東側の愛本新から金山にかけて旧扇状地からなる砂礫台地が分布し，その西端では崖を形成し新扇状地と接しており，この台地の東側には小川流域の平野がある[6]．一方，扇状地の南側には下立から浦山にかかる部分と前沢周辺とに砂礫からなる洪積台地が分布しており，その背後にはかなり開析の進んだ高位の砂礫からなる洪積台地がある．

(2) 観測方法

図−11は同時流量観測を実施した観測断面を示している．図中の数字は河口からの距離を示している．断面①と断面②の間の距離は2.3km，断面②と断面③の間の距

離は2.7kmである．それぞれの区間の流量変化を捉えようという試みである．いずれの地点においても，河床勾配は約1/90であり，非常に急峻である．

観測断面の設定は，愛本堰堤から下流の全区間を踏査し，河道が一本であることが前提とした．黒部川下流域は河道が何本にもなっており，流量観測に適する場所が少ないのが実情である．また，橋梁から観測できる箇所がなかったため，両岸からそれぞれ曳航する方法を採用した．そのため，最大でも川幅は50mが限度であると判断した．以上の理由から，上述の3地点を選定した．

それぞれの断面における観測風景を**写真－11**に示す．写真から容易にわかるように，断面②は平水時にもかかわらず大きく波立っている．この断面の平均的な表面流速は3～4m/s程度と非常に高速であった．断面①，断面③においても，1～2m/s程度の流速があり，一般的な河川と比較して非常に高速であった．また，いずれの写真にもあるように，両岸で2名ずつがロープを引いている．極めて大きな体力を要することは容易に推察できるであろう．

写真－12は断面①と断面③で利用したADCPを登載したリバーボートである．ボート先端に着目すると，テーピングしていることがわかる．これは，速い流速の場合，このように対処するとボートが跳ねることなく精度良く測定することができる．このようにしないと，曳航ロープが引っかかり，ボートが転覆する．転覆自体は大きな問題でないが，観測が中断されデータが欠測するため，避けたい問題である．このような速い流速でも安定的に観測できるボートが販売されている．**写真－13**は断面②で利用した高速セーフティサーベイヤー(㈱ハイドロシステム開発)である．断面②においては，**写真－12**のように一般的なリバーボートを多少なりとも工夫しても転覆してしまった．そのため，上述の高速用のボートを利用した．高速セーフティサーベイヤーを利用することによって，データの取得率が格段に向上した．

実際の観測において，断面①と断面③では無線を利用したモニタリングをしながらの観測，断面②では内臓記録を利用した観測を実施した．両者には利点・欠点がある．観測者とすれば，やはりモニタリングしながら観測することで，データ取得の安心感や実際の流況を確認しながら設定を変更するなど柔軟に対応できる．しかし，本観測では観測者が限定的であったため(予想以上に流速があり，ADCP自体をコントロールすることに人員を割かれた)，測定開始スイッチの位置と観測場所が少し離れていただけで，観測者に大きな負荷をかけてしまった．一方，内臓記録を利用する場合，一々パソコンにデータを吸い上げ，データ取得を確認しなければならない．もちろん，自信があれば確認せずに終日観測をし続ければ良い．今回の場合は，二回の観測後に一度だけデータ確認を行い，その後は観測終了までデータの確認は行わなかった．もちろん，無事に全てのデータは記録されていた．このような不安がある一方で，少ない人数でも観測できる手法でもある．ADCP自体のスイッチのON/OFFだけで良いので，観測者が観測位置から少しも離れる必要がない．本観測において，最もトラブルの少なかった断面であった．

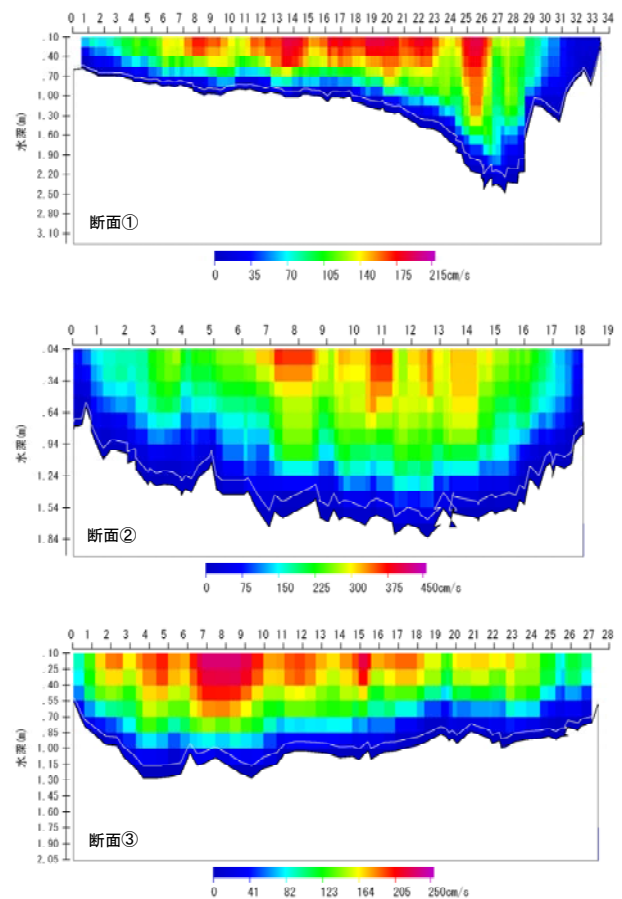



図-12 12時に観測した各断面の流速分布

本観測中に最も多かったトラブルは，ロープが破断することであった．合計で4本の測量用ロープが破断した．測量用のロープは目盛りが付いているため，ADCPの接岸距離などが瞬時に記録できるので利用していたが，予想を超える流速だったため，測量用ロープでは容易に破断してしまったと思われる．結局，全ての断面でいわゆるトラロープ(タイガーロープ)を利用した．ただし，ロープが水に濡れると，多少滑りやすくなるという難点もあった．

最後に，観測前の準備として各断面で測線を作らなければならない．要するに最大で川幅50mの河川にロープを渡さなければならない．著者らは，釣竿を利用してロープを渡した．その様子が**写真－14**である．実際の観測以前に，何度かこの手法を試している．奇遇にも釣りを趣味とする学生がいたため，釣竿や釣り糸の種類などを選定してもらい，確実にできることを確認してから実際に実施した．しかし問題もある．素人では50mといえどもそう易々と錘を飛ばすことができないことである．

釣り好きの学生が卒業・修了してしまうことを考えると来年度以降の観測が不安である.

(3) 観測結果

図－12に断面①，②，③において12時に観測した断面流速分布を示す．いずれの断面においても，表面付近の流速は2m/sを超えており，平水時にもかかわらず流速が非常に速いことがわかる．特に断面②は4m/sを超える流速が観測されている．本図を作成するに際し，特にこのような現場では航跡が湾曲するため，直線になるような補正と航跡直交成分の流速値を算出するように補正している．ただし，本図は右岸と左岸の補正をしていない．流量を算出するためには，両岸の流速を補正する必要がある．補正後のデータについては別稿で報告したい．両岸の流速を補正していない流量の時系列を**図－13**に示す．毎時約20分間に4回の観測を実施したが，最大で約18m/sの違いが観測された時間帯があった．本観測結果のさらなる精査については今後に期待していただきたい．

4．最後に

幸運にも異動先でADCPを購入していただいた．筆者が思っていたよりも様々な用途があることがわかった．以前からADCPには触ったことがあり，観測現場もわかっていた．しかし，いざ自分が全てをやらなければならなくなったとき，多くの問題に直面した．最大の問題は人員であった．一見して観測が容易に見られがちだが，現場によっては非常に多くのスタッフが必要であった．また，データ解析も難しい．簡易に大量のデータは取得できるが，現場に応じて一つ一つのデータ精査が必要であった．しかし，ADCPには大きな未来を感じる．今までわからなかった河川の流動がわかるようになる．そんな現場がたくさんある．筆者はADCP原理主義者ではない．現場に応じて最新の技術を導入し，自然現象を理解し，水災害緩和・防止や水環境の改善に役立てれば良い．本稿では，ADCPが役に立った現場を紹介した．様々な技術が競い合いこの分野が発展することを期待する．

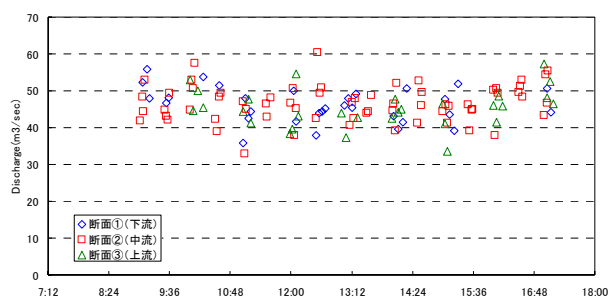



図-13　各断面の流速の時系列(両岸の補正無)

謝辞：内川における観測では富山県立大学短期大学部の学生諸氏の協力を得た．黒部川における観測では中央大学河川・水文研究室の学生諸氏の協力を得た．合わせてここに記して謝意を表します.

参考文献

1) 北陸地方建設局：内川浄化事業計画書，1976.
2) 新湊市，高岡市：内川流域浄化対策検討委員会報告書，1991.
3) 北陸地方建設局：内川流域浄化用水導入計画について，1996.
4) 布本博，高瀬信忠：内川河川(富山県新湊市)の水理模型実験に関する研究，石川工業専門学校紀要，第25号，pp.87-94，1994.
5) 富山県立大学工学部環境工学科編：新富山の水環境，(有)TC出版プロジェクト，2009.
6) 藤井昭二：黒部川扇状地の形成と富山湾周辺部の埋没林について，地球科学，78，pp.11-20，1965.

(2010.7.20受付)